SCIENZA E TECNICA

MENSILE DI INFORMAZIONE DELLA SOCIETÀ ITALIANA PER IL PROGRESSO DELLE SCIENZE

ANNO LXVIII - N. 414 - feb. 2005 - Poste Italiane SpA - Sped. in A.P. - D.L. 353/2003 (conv. in L. 27/2/2004, n. 46) art. 1, comma 2, DCB Roma

UNA PROPOSTA DI ABBATTIMENTO DELLO IONE FLUORO NELL'ACQUA PER IL CONSUMO UMANO

Una buona acqua potabile è di norma di origine sorgiva oppure viene captata da falde profonde sotterranee.

Per le acque superficiali la normativa prevede trattamenti fisici e chimici, blandi (disinfezione) o più spinti (filtrazione, flocculazione ecc.) in base alla classe di qualità conseguita ai controlli analitici [1].

A volte le acque sotterranee possono, per cause naturali, presentare concentrazioni di sali di calcio, di magnesio, di ferro, di manganese, di fluoruro, di arsenico ecc, con valori non in linea ai limiti di legge [2]. Tali valori possono rientrare nella norma mediante adeguati trattamenti.

La normativa italiana ha recentemente recepito, con il Decreto Legislativo (D.lgs.) n. 31 del 2 febbraio 2001, la direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano. Nell'allegato I, del suddetto decreto, sono indicati i valori massimi dei parametri batteriologici (parte A) e chimici (parte B) ammissibili per le acque potabili.

Per il fluoruro la concentrazione massima risulta essere di 1,50 mg/l.

Nelle acque captate in alcune zone vulcaniche della nostra penisola la concentrazione dello ione fluoruro è superiore alla norma.

Il fluoruro non è una sostanza tossica. Effetti tossici possono manifestarsi nell'assunzione cronica di alte dosi di questo ione. E' da tenere presente che i dentifrici, che pure contengono un'elevata concentrazione di fluoruro, vengono normalmente usati senza alcuna precauzione. L'Allegato I, parte B, del D.lgs. 31/01, in cui è riportato il fluoruro, comprende anche specie chimiche come arsenico, vanadio, mercurio, cianuro ecc per le quali è auspicata l'assenza o una loro presenza in concentrazioni bassissime (μg/l).

Perfino per le sostanze tossiche esiste una dose al di sotto della quale non si verifica alcun effetto indesiderato e per tali sostanze può essere addirittura calcolata la dose giornaliera tollerabile [3].

Il limite di legge per il fluoruro scaturisce da opposte considerazioni. Sicuramente non procura alcun effetto dannoso al di sotto della concentrazione di 1,5 mg/l, anzi una concentrazione di fluoruro troppo bassa non è auspicabile.

Le AA.SS.LL., laddove l'acqua potabile ha una bassa concentrazione di fluoruro, promuovono campagne presso i medici pediatri per la somministrazione delle quantità necessarie di fluoruro. Di contro, il Sindaco di qualsiasi comune in cui la concentrazione di fluoruro nell'acqua supera 1,5 mg/l deve emettere, secondo la legge, ordinanza di non potabilità.

Fonti autorevoli riportano ottimale una dose di 4 mg/l per un uomo adulto [4] da assumere complessivamente con la dieta giornaliera.

Il fluoruro presente nelle acque potabili si rivela particolarmente attivo nella prevenzione della carie dentaria [5] e la riduzione della frequenza delle fratture ossee nell'adulto [5,6]. Tuttavia, elevate assunzioni di fluoruro in forma cronica possono determinare effetti negativi sull'uomo come la fluorosi dentaria e l'osteosclerosi [5,7,8].

Questo lavoro intende proporre un metodo che possa consentire un abbattimento dello ione fluoro in modo semplice ed economico e quindi ottenere un'acqua conforme ai limiti previsti per la potabilizzazione.

METODO DI STUDIO

Le acque destinate al consumo umano, che contengono una concentrazione di fluoruro superiore al

limite di legge, devono essere trattate in modo adeguato per far rientrare tale parametro nei limiti di legge. Gli interventi da intraprendere devono essere relativamente semplici, efficaci, economici e non devono avere controindicazioni.

Finora il Ministero della Sanità non ha emanato linee guida sulle norme tecniche di abbattimento degli ioni indesiderabili nelle acque potabili.

Tuttavia tali metodi presentano svantaggi sotto certi aspetti legati al non selettivo abbattimento delle componenti minerali naturalmente disciolte nell'acqua con conseguente perdita di gran parte dei sali e degli elementi presenti in essa [9-15].

Tali metodiche necessitano di complessi e costosi impianti di dimensioni anche considerevoli dipendenti dalle portate da trattare.

Nel presente studio sono stati individuati metodi di abbattimento più specificatamente selettivi verso lo ione fluoruro con materiali non eccessivamente costosi [15] che, in fase applicativa, si dimostrino economici e di semplice realizzazione.

Le caratteristiche dei materiali utilizzati per l'abbattimento devono rispondere anche alle esigenze di minimizzare il rischio di rilascio di sostanze indesiderate o la presenza di composti non contenuti nelle acque originarie.

Sono state condotte prove di trattamento con SiO_2, $CaCO_3$, pomice, Al_2O_3 e resina anionica. Mentre per le prime tre il trattamento si è rivelato assolutamente inefficace, buoni risultati sono stati ottenuti con Al_2O_3 e resina anionica.

Per raggiungere gli scopi prefissati è stato pianificato il metodo di studio illustrato qui di seguito.

Inizialmente è stata determinata la concentrazione dello ione fluoruro nelle acque di pozzi presenti dell'area dei laghi vulcanici a Nord della provincia di Roma, caratterizzate da un tenore di fluoruro tra 2 e 4,5 mg/L.

Le acque sono state analizzate mediante misure di forza elettromotrice (f.e.m.) con l'impiego di un elettrodo a fluoruro e mediante cromatografia ionica (C.I.), usando una colonna per gli anioni. I risultati delle analisi hanno fornito importanti informazioni sulla capacità di abbattimento dello ione fluoro nelle acque esaminate, principalmente, usando i seguenti procedimenti:

1. trattamento in colonna con allumina attivata;
2. trattamento in colonna con resine a scambio ionico;
3. trattamento mettendo a contatto allumina e acqua in beuta;
4. trattamento mettendo a contatto resina e acqua in beuta.

La valutazione dei risultati riguardanti l'abbattimento del fluoruro è stata affiancata dallo studio degli effetti collaterali che il trattamento applicato poteva avere su altre specie ioniche, in particolare su quelle eventualmente correlate alla presenza del suddetto ione.

Le misure di f.e.m. fornivano un responso in breve tempo, la C.I. forniva la concentrazione totale di F^-. Nello stesso tempo con la C.I. potevano essere analizzati gli altri anioni presenti nei campioni di acqua, prima e dopo il trattamento.

Per l'abbattimento dello ione fluoruro in acque con concentrazioni superiori a 2mg/L, in letteratura sono riportati risultati incoraggianti ottenuti con metodi fisici come ad esempio: osmosi inversa, ultrafiltrazione ed elettrofloccolazione.

PARTE SPERIMENTALE

Campioni d'acqua

I campioni di acqua analizzata sono stati prelevati da pozzi presenti nell'area di Cerveteri, destinati all'utilizzo di acqua potabile.

Reattivi ed analisi

Sono stati usati senza ulteriore purificazione: Allumina (neutra) per cromatografia, Silice per cromatografia e Carbonato di calcio, reattivi RP C.Erba; Resina scambiatrice anionica Lewatit OC-1950 Fluka Chemika; Pietra pomice Merck.

NaCl, RPE C. Erba, prima dell'uso è stato tenuto a 360°C in muffola per 3 ore. Tale reagente è stato utilizzato per correggere la forza ionica nelle misure di f.e.m.

NaF, Na_2CO_3, $NaHCO_3$ erano reattivi RPE C. Erba, usati senza ulteriori purificazioni.

Soluzioni di lavoro di NaOH sono state preparate dal reagente RPE C. Erba.

Br^-, Cl^-, NO_3^-, NO_2^-, SO_4^{--}, PO_4^{---}, come sali sodici, RPE C. Erba, sono stati utilizzati senza ulteriori purificazioni.

L'acqua distillata aveva una resistenza specifica di 17,8 MΩ/cm

L'eluente usato per la C.I. era costituito: 1,8 mM Na_2CO_3/ 1,7 mM $NaHCO_3$.

Dettagli operativi per le misure di f.e.m.

È stata misurata la f.e.m. della cella:

R.E. / Soluzione S / F.E. (I)

dove R.E. è l'elettrodo di riferimento e F.E. è l'elettrodo al fluoruro.

La soluzione S era preparata aggiungendo la quantità opportuna di NaCl per avere un valore di forza ionica costante pari a 0,15M. In tali condizioni si assume che l'attività di F^- sia uguale alla sua concentrazione e la f.e.m. della cella (I) a 25°C ed in mV può essere espressa come segue:

$$E = K + y \log c_F \qquad (1)$$

In cui è stato trascurato il potenziale di giunzione liquida, EJ nelle condizioni sperimentali prescelte. Come elettrodo al fluoruro è stato utilizzato un elettrodo Mettler Toledo tipo 15-215-3000 a membrana ionoselettiva di LaF_3.

L'elettrodo di riferimento a calomelano

$$RE = Hg, Hg_2Cl_2/ Cl^- 0,15M.$$

Il vetro del gambo del ponte salino immerso nella soluzione è stato protetto, da un eventuale attacco di F^-, con paraffina.

Per misurare la f.e.m. della cella (I) è stato utilizzato un pH-metro CRISON Micro pH 2002. Le misure sono state effettuate alla temperatura di 25° C in stanza termostatata (25 ± 1°C).

Per ottenere i valori di K e y della (1) è stato necessario calibrare la catena elettrolitica con soluzioni standard di fluoruro che erano 0,15 M in NaCl.

Il valore della pendenza y dell'equazione (1) risultava pari a 59,14 mV/M vicino al valore teorico.

Dettagli operativi per la Cromatografia Ionica

L'analisi cromatografica è stata condotta con i cromatografi ionici Dionex-300 e Metrohm IC 733, equipaggiati rispettivamente con colonne "ION PAC AS4A" e "ION PAC AG4A" e Bishop. Entrambi erano dotati di una pompa a gradiente, un modulo cromatografico ed un rivelatore a conducibilità.

Le colonne lavoravano alla pressione operativa di 700 - 900 psi, ottenuta usando elio ultra puro. Il rivelatore a conducibilità lavorava in riciclo, abbassando la conducibilità dell'eluente ed esaltando il segnale dell'analita. Il C.I. DX 300 era dotato di un soppressore elettrochimico a membrana autorigenerante per gli anioni "Anion Micro Membrane Suppressor" (AMMSII), mentre il C. I. Metrohm era equipaggiato con un soppressore chimico del tipo Metrohm 732 (con H_2SO_4).

Il campione, addizionato di Br^- come standard interno, veniva iniettato nel "loop" dell'iniettore dello strumento, da 20 µl, con siringa Hamilton per HPLC da 250 µl.

La sensibilità, la ripetitività ed i fattori di correlazione erano controllati volta per volta.

Colonna di Al_2O_3

È stata utilizzata, a tal scopo, una piccola colonna alta 30 cm e con diametro di 1,4 cm, riempita circa alla metà con 73 g di allumina. Dopo aver fatto depositare l'allumina, la prima valutazione per conoscere le caratteristiche della colonna è stata la misura della velocità del passaggio dell'acqua nella colonna stessa.

Colonna con resina anionica

Per preparare la colonna con la resina, è stato usato un tubo di vetro con rubinetto di dimensioni simili a quello utilizzato per la colonna di allumina, riempito con 16,6 g di resina fino a metà dell'altezza della colonna.

La resina anionica utilizzata nel presente lavoro era in forma cloridrica e, dimostrandosi poco affine allo ione fluoruro, è stato necessario condizionarla attraverso un trattamento drastico preliminare con NaOH.

RISULTATI

Per quasi tutti gli esperimenti è stata utilizzata acqua della zona di Cerveteri con una elevata concentrazione in fluoruro, pari a circa 4 mg/l.

Il primo screening è stato realizzato mettendo a contatto tale acqua con eccesso, alternativamente, di Carbonato di Calcio, Allumina, Silice gel idrata, pietra pomice e resina anionica, in una beuta ed agitando per un tempo di circa 16 - 18 ore, fino al raggiungimento dell'equilibrio.

Sospesa l'agitazione, i campioni sono stati filtrati o decantati e quindi è stata effettuata la misura della concentrazione dello ione fluoruro con l'elettrodo ionoselettivo. Dalle misure di f.e.m. si è riscontrato che soltanto i campioni trattati con allumina e resina a scambio ionico hanno riportato un consistente abbattimento di F^-.

SOMMARIO

Una proposta di abbattimento dello ione fluoro nell'acqua per il consumo umano pag. 1

Gestione ambientale: dai termovalorizzatori alle celle a combustibile » 6

Leonardo in mostra a Roma » 11

NOTIZIE:

SIPS: quote associative » 13

Il Viagra blocca e fa regredire l'ipertrofia cardiaca » 13

Mercurio è un pianeta vivo » 14

Il cervello dà ragione a chi grida più forte » 14

La manutenzione nel trasporto collettivo » 14

XV Settimana della Cultura Scientifica e Tecnologica » 14

Franco Modigliani tra teoria economica e impegno sociale » 14

Dalle staminali una protezione contro infarto e ischemie » 15

Scoperta la proteina che causa la cecità congenita » 15

Si studiano materiali capaci di imitare il piumaggio del gufo » 15

Il Regno Unito sempre in primo piano nelle tecnologie per la sicurezza » 15

Sono state preparate colonne singole con Al_2O_3 o con resina anionica, come descritto nella parte sperimentale. Su di esse è stata fatta eluire acqua con un contenuto di fluoruro di circa 4 mg/l per valutarne la capacità di abbattimento e per rilevarne l'eventuale saturazione.

Sono stati preparati ed analizzati più di 60 campioni di acqua. Parte trattati sulla colonna contenente allumina e parte su quella di resina anionica.

Le misure di f.e.m. e quelle di C.I. mostravano un costante e totale abbattimento dello ione fluoruro nei campioni di acqua trattati. In totale sono passati per ciascuna colonna più di 600 ml di acqua senza che i riempimenti delle colonne facessero rilevare diminuzione della capacità di abbattimento.

In tabella 1 sono riportati a titolo di esempio alcuni dei risultati ottenuti eluendo l'acqua in esame su colonna di Al_2O_3.

Dalla tabella si nota che mediante l'analisi con cromatografia ionica, effettuata su eluati (sia di resina che di allumina) ottenuti dopo 5-6 trattamenti, veniva evidenziato un picco anomalo a RT=2,57, tempo di ritenzione compreso fra quello del fluoruro e del cloruro.

Tabella 1

Risultati dopo trattamento dell'acqua di Cerveteri con Al_2O_3.
Cx rappresenta la concentrazione della specie incognita corrispondente al picco anomalo.

CAMPIONE n.	Misure di f.e.m. c_F (mg/L)	C.I. RT = 2,30 c_F (mg/L)	C.I. RT = 2,57 Cx (mg/L)
1	≤0,01	≤0,01	
2	≤0,01	≤0,01	
3	≤0,01	≤0,01	
4	------	≤0,01	
5	------	≤0,01	
6	≤0,01	------	2,9
non trattato	4,1	4,1	------

I risultati delle misure di f.e.m. della cella (I) non davano viceversa evidenza di presenza di F- in quantità apprezzabili.

Confrontando pertanto i risultati dei due metodi, sembrava che il picco con RT=2,57 non corrispondesse al F^-.

Sono state condotte svariate prove per identificare la specie chimica che determinava la formazione del picco con RT=2,57 e la causa della sua formazione.

Poiché il picco era presente in tutti i cromatogrammi indipendentemente dal mezzo utilizzato per l'abbattimento, ma non era dovuto alla presenza del fluoruro, in quanto non era rilevabile dalle misure di f.e.m., è stato ipotizzato che fosse una specie dipendente dai materiali utilizzati come riempimento delle colonne.

Per convalidare tale ipotesi, sono state effettuate fitte prove mettendo alternativamente a contatto diretto in una beuta l'acqua da trattare con i singoli mezzi, Al_2O_3, resina anionica, vetro della colonna senza riempimento, cotone e rubinetto della colonna stessa. Da tali prove non è stato rilevato dall'analisi cromatografica alcun picco anomalo, eccetto che nell'acqua posta a contatto con il batuffolo di cotone.

In successive prove effettuate sulle due colonne, preparate con l'accortezza di lavare accuratamente con esano il cotone utilizzato come filtro, al fine di eliminare eventuali impurità presenti nel cotone stesso, non è stato rilevato alcun picco anomalo.

Risolto il problema del picco anomalo, in prima analisi il metodo di abbattimento con colonna di allumina risultava più affidabile rispetto a quello con resina anionica. Questo ultimo procedimento modificava le concentrazioni degli altri anioni presenti naturalmente nell'acqua campione, mentre l'allumina era più selettiva per lo ione fluoruro senza modificare la concentrazione degli altri ioni presenti (v. tabella 2).

I risultati, condotti con i metodi 3) e 4) della sezione Metodo di Studio (su campioni d'acqua in beuta a contatto diretto con il mezzo di trattamento), hanno evidenziato vantaggi rispetto all'utilizzo della colonna. Infatti, l'acqua percolando per gravità attraverso la colonna, con velocità costante ma lentamente, entra a contatto con il mezzo su cui il fluoruro viene adsor-

Tabella 2

Risultati dell'analisi degli anioni di acqua di Cerveteri dopo trattamento con Al_2O_3.
I valori sono espressi in mg/L.

CAMPIONE	c_F	c_{Cl}	c_{NO3}	c_{SO4}
1	≤0,01	22,3	3,5	7,7
2	≤0,01	21,8	3,1	8,2
3	≤0,01	23,0	3,0	7,4
4	≤0,01	22,5	3,4	8,7
5	≤0,01	23,1	3,8	7,4
6	≤0,01	22,5	3,6	8,1
Non trattato	4,1	21,4	3,3	8,0

bito, nel caso dell'allumina, o scambiato nel caso della resina anionica.

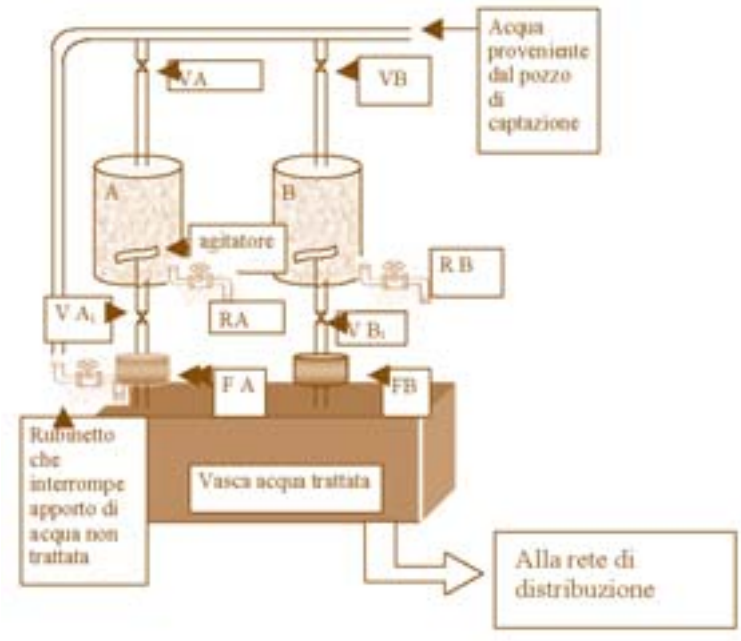
Gli ottimi risultati ottenuti su campioni d'acqua, con il metodo del contatto diretto in beuta sotto agitazione, hanno suggerito di perfezionare proprio questo procedimento. Si è potuto verificare sperimentalmente che un tempo massimo di trenta minuti era sufficiente ad abbattere F^- fino a raggiungere valori ≤0,01 p.p.m. Erano invece necessari almeno due ore per il passaggio e la raccolta di tutto il campione in colonna di allumina. Ciò consente di suggerire questo metodo (contatto diretto sotto agitazione) come egualmente efficace, ma più veloce ed idoneo per la progettazione di un impianto di trattamento di acqua potabile.

CONCLUSIONI

L'allumina che agisce sia chimicamente che attraverso un meccanismo di adsorbimento dello ione fluoruro sembra rispondere molto bene alle prove di abbattimento. Fra l'altro presenta il vantaggio di non influenzare eccessivamente gli altri ioni presenti.

La resina, dopo trattamento con NaOH, ha dato buoni risultati sull'abbattimento del fluoruro, ma ha modificato le sue caratteristiche iniziali. Possiede una buona capacità di abbattimento dello ione fluoruro e, agendo attraverso un meccanismo di scambio chimico, mostra anche affinità nei confronti degli altri anioni presenti nell'acqua. Questa caratteristica può essere un vantaggio nel caso fosse necessario agire sulle componenti anioniche in eccesso, mentre nelle acque normalmente utilizzate a scopo potabile potrebbe essere un problema a causa dell'eccessiva demineralizzazione.

IMPIANTO DI TRATTAMENTO CON IL METODO A CONTATTO DIRETTO Al_2O_3+H_2O



Altri tipi di resina potrebbero essere usati per valutare una maggiore capacità selettiva nei confronti dello ione fluoruro rispetto alle altre componenti anioniche.

È stata interpretata la possibilità di trasferire dal laboratorio ad un impianto di potabilizzazione il trattamento, con il metodo a contatto diretto di allumina, di un'acqua avente una concentrazione dello ione fluoro superiore al valore di legge con un impianto come sotto rappresentato.

A e B = serbatoi con H_2O +Al_2O_3

VA, VB, VA_1, VB_1= valvole regolatrici del flusso di acqua

RA, RB = rubinetto per lo scarico dell'Al_2O_3 satura

FA e FB = sensori per F^-.

L'acqua "grezza" entra nell'impianto alternativamente nel comparto A o B, in cui trova Al_2O_3 e, sotto agitazione viene purificata da F^-. Il processo inizia nel serbatoio A, che, attraverso un opportuno filtro che trattiene Al_2O_3, versa l'acqua depurata nella vasca sottostante. Quando FA indica una concentrazione di F^- ≥1 ppm, viene interrotto il flusso e l'acqua grezza viene immessa nel serbatoio B, che assume la stessa funzione di A. Nel frattempo il serbatoio A viene pulito, rigenerando Al_2O_3 con NaOH ad opportuna concentrazione, ed approntato per un nuovo ciclo di trattamento.

RINGRAZIAMENTO

Questo studio si inquadra nell'ambito della convenzione Comune di Cerveteri - Dipartimento di Chimica dell'Università di Roma "La Sapienza" stipulata con l'impegno del Sindaco e dell'assessore Generale Sergio De Angelis.

Emilio Bottari
Dipartimento di Chimica, Università "La Sapienza"
Camilla Braguglia
IRSA, CNR
Sandro Zampilloni
Scuola di Specializzazione
"Chimica e Tecnologia
delle sostanze organiche naturali"
Dipartimento di Chimica, Università "La Sapienza"

Bibliografia

1. Testo aggiornato del decreto legislativo 11 maggio 1999, n. 152, recante "Disposizioni sulla tutela delle acque dall'inquinamento e recepimento della direttiva 91/271/ CEE concernente il trattamento delle acque reflue urbane e della direttiva 91/676/CEE relativa alla protezione delle acque dall'inquinamento provocato dai nitrati provenienti da fonti agricole" a seguito delle disposizioni correttive e integrative di cui al decreto legislativo 18 agosto 2000, n. 258 - Supplemento Ordina-

rio alla Gazzetta Ufficiale Italiana n. 246 del 20/10/2000 - Serie Generale n. 172/L.

2. Decreto legislativo 2 febbraio 2001 n. 31 "Attuazione della Direttiva 98/83/CE relativa alla qualità delle acque destinate al consumo umano" - Supplemento Ordinario alla Gazzetta Ufficiale Italiana n. 52 del 3/03/01 - Serie Generale n. 41/L

3. OMS "Linee guida per la qualità dell'acqua potabile" versione italiana a cura di E. Funari, L. Attias, P. Bottoni. - 1996 - Pitagora Editore - Bologna.

4. Food and Nutrition Board, National Research Council, 1989.

5. Rassegna di benefici e rischi del fluoruro Gov. Rep. Annunce Index (U.S.), 93 (2) Abstract n. 304, 609 (1993).

6. L. Fabiani, V. Leoni, C. Cremisini, S. Rodolico "Il fluoruro nelle acque come fattore di protezione per fratture ossee: dati preliminari di uno studio epidemiologico in Italia" Italia - IAHS Publ. N. 233, 135-140, 1995.

7. U.V. Barat et al. "Osservazione di fluorosi endemica nella popolazione del nord di Gujarat in India" India - Bull. Environ. Contam. Toxicol. 61(3), 303-310, 1998.

8. E. Sanz et al. "Il rapporto della concentrazione di fluoruro in acqua potabile della provincia di Soria (Spagna) e carie nei bambini" Spagna - Environ Geochem Health - 21(2), 133-140, 1999.

9. Oomi Tadahiro, M. Horado et al. "Trattamento di acque contenenti fluoruro" Giappone - Appl. 52,467, 11 Marzo 1992.

10. F. Ken "Demineralizzazione una realistica combinazione di RO/IX" USA - Ultrapure Water 15,(6) 47-50, 1998.

11. D.A. Cargnel, A. Crescenzi et al. "Metodi di rimozione del fluoruro dall'acqua" USA - Appl. 820,589,19, 7 pp, 19 Marzo 1997.

12. S. Malhotra et al. "Efficienza del polialluminiocloruro (PAC) confrontato con allumina nella rimozione dei fluoruri e di alcuni metalli" India - J. Environ Sci. Health, Part. A: Environ Sci. Eng. Toxic Hazard Subst. Control. A 32 (9 e 10) 2563-2574, 1997.

13. Zhanj Quianije et al. "Defluorurazione di acque potabili con fosfato di alliminio" Cina - Environ Int. - 18(3), 307 - 310, 1992.

14. D.L. Mwaniki "Assorbimento del fluoruro in diversi gradi con carbone animale" Kenia - J. Dent. Res. 71(6), 1310-15, 1992.

15. M.J. Larsen et al. "Defluorurazione dell'acqua a pH alto con bauxite, idrossido di calcio e carbone" Danimarca - J. Dent. Res. 72(11), 15-19-25, 1993.

Gestione ambientale: dai termovalorizzatori alle celle a combustibile

INTRODUZIONE

La continua interazione tra uomo, le sue attività ed ambiente ha portato oggi l'attenzione al perseguimento di un approccio pro-attivo nei confronti di quest'ultimo. Nell'ultimo decennio, i consumi energetici dell'Europa dei 15 sono aumentati del 10 per cento circa, portando la dipendenza energetica da fornitori extraeuropei al 50 per cento del fabbisogno. Con i presenti tassi di crescita dei consumi e sfruttamento delle risorse autoctone, le importazioni di prodotti energetici ammonteranno, nel prossimo trentennio, al 70 per cento circa del fabbisogno.

La consapevolezza di una crescente dipendenza dall'estero ha condotto la Commissione europea ad adottare, nel novembre del 2000, il Libro verde "*Verso una strategia per la sicurezza degli approvvigionamenti energetici*", documento di orientamento delle politiche energetiche degli Stati membri che, a un anno di distanza e in un mutato clima internazionale, rivela la propria centralità nelle politiche dell'Unione. Questo ha spinto ancor di più alla valorizzazione e alla promozione a livello internazionale e nazionale di iniziative e progetti che puntano sulle fonti rinnovabili e dall'altra parte ad attivare il coordinamento tra i produttori di energia.

Il ruolo dell'innovazione tecnologica, nello sfruttamento delle fonti rinnovabili è fondamentale per l'aumento delle potenzialità nei possibili impieghi. L'utilizzo delle celle a combustibile, ed in particolare quelle ad idrogeno, rispetto ai combustibili tradizionali porta ad una vera e propria rivoluzione della catena del valore nel settore energia e dei trasporti (1).

Le tecnologie per la termovalorizzazione dei rifiuti garantiranno la complementarietà tra valorizzazione della risorsa rifiuto, la riduzione della quantità di rifiuti solidi smaltiti (e quindi minor impatto sull'ambiente) e produzione di energia.

LA TERMOVALORIZZAZIONE COME FONTE DI RECUPERO ENERGETICO

La termovalorizzazione dei rifiuti solidi urbani, ovvero il recupero energetico ottenibile da processi di termodistruzione controllata dei rifiuti è, oggi, una forma di recupero sicura e vantaggiosa, in termini ambientali. Come tale, essa viene ormai considerata fondamentale nell'ambito delle strategie integrate di gestione dei rifiuti solidi urbani, in tutti i Paesi industrializzati. Essa consente innanzitutto una

significativa riduzione del ricorso alla discarica: la produzione di scorie e ceneri corrisponde a meno del 10% del volume dei rifiuti trattati (2).

Negli impianti di termovalorizzazione il contenuto termico dei rifiuti viene inoltre completamente recuperato, tranne la parte che si disperde attraverso i fumi, i dispositivi di raffreddamento, le pareti dell'impianto e le scorie.

L'energia recuperata dai rifiuti mediante termovalorizzazione viene in parte utilizzata per il funzionamento stesso dell'impianto (a copertura del 50-60% dei costi di esercizio) e in parte immessa nella rete elettrica nazionale oppure consumata sul territorio dove è sito l'impianto (ad esempio, per riscaldare scuole ed edifici pubblici).

Attualmente sono presenti nei Paesi europei analizzati 282 impianti di incenerimento di rifiuti urbani, di questi il 96% garantisce forme di recupero energetico. Il numero più elevato è riscontrabile in Francia con 84 siti, seguito dalla Germania con 56 e dall'Italia con 33. Tra gli ultimi Paesi l'Austria con 4 termovalorizzatori, la Norvegia con 5 e la Spagna con 10 (figura 1).

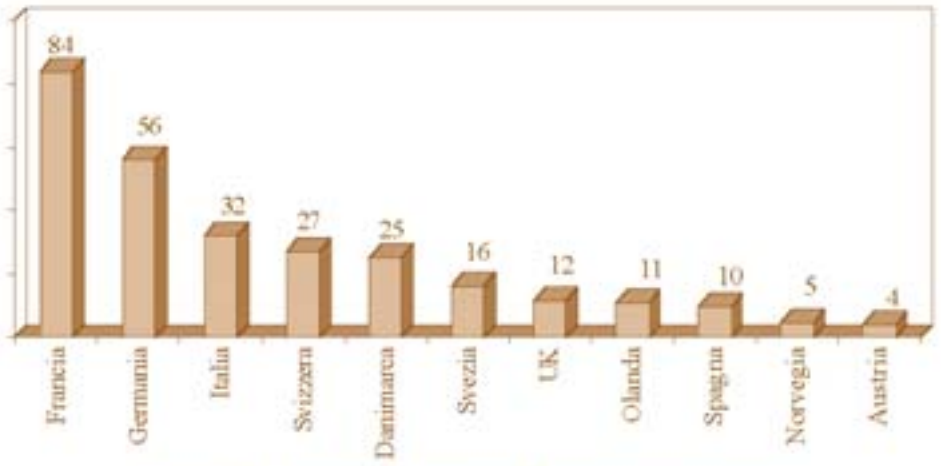


Figura 1 - Numero di impianti di termovalorizzazione presenti in UE.

(Fonte: Rapporto Inceneration in Europe, Assure 2000)

Il dato numerico, sebbene significativo, deve essere associato alla produzione di rifiuto urbano e alla capacità media di trattamento per impianto: infatti non sempre la presenza di un numero elevato di siti comporta un'alta percentuale di recupero energetico. Si prenda come esempio esplicativo il caso della Francia e della Danimarca, quest'ultimo Paese pur con meno di un terzo degli impianti della Francia termovalorizza oltre il 55% del rifiuto prodotto (contro il 35% della Francia). In questa direzione deve essere valutato anche il dato della Svizzera (27 siti per il 47% di recupero energetico) e dell'Olanda (11 siti per il 43%) e, dal lato opposto, il dato dell'Italia (32 siti per l'8% di recupero energetico complessivo) e della Germania (56 siti per "solo" il 16%).

Da studi di settore recenti, la capacità media per impianto in Europa si attesta a circa 177mila tonnellate all'anno e in questo senso sono significative le differenze tra i diversi Paesi: da una potenzialità media minima di 83mila tonnellate della Norvegia alle 488mila tonnellate per impianto dell'Olanda, come riportato nella figura 2.

Il dato complessivo indica in oltre 50,2 milioni di tonnellate la capacità di trattamento di rifiuti solidi urbani di cui circa il 70% è a tutti gli effetti utilizzato. Il recupero energetico si attesta in 49,6 TWh2 totali, il 70% di tale recupero è sotto forma di energia termica ed è utilizzato per il riscaldamento cittadino, il restante 30% sotto forma di energia elettrica. È interessante sottolineare che la produzione complessiva di energia ottenuta attraverso la termovalorizzazione dei rifiuti sarebbe sufficiente a soddisfare il fabbisogno energetico complessivo di tutto lo stato svizzero. I Paesi con il maggior tasso di produzione di energia dall'incenerimento dei rifiuti sono la Danimarca, la Svizzera e la Svezia, quelli con il minor rendimento per abitante la Spagna, l'Italia e la Finlandia.

Anche il costo per la termovalorizzazione dei rifiuti urbani è un parametro suscettibile di molte variazioni da paese a paese: si passa da 25-30 € per tonnellata in Spagna e Danimarca a 160 € per tonnellata in Germania (3).

In Italia dopo un periodo di stasi durato circa dieci anni, questa opzione di recupero sta registrando una forte ripresa. Questa nuova tendenza è senza dubbio associata alla sicurezza che oggi le moderne tecnologie garantiscono in termini di impatto ambientale dei processi di incenerimento dei rifiuti e, dunque, anche in termini di effetti sulla salute delle popolazioni residenti nelle aree interessate dagli impianti. A livello nazionale i principi di valorizzazione energetica dei rifiuti sono alla base dei criteri ispiratori del decreto legislativo n. 22 del 5.02.97 - decreto Ronchi - che recepisce alcune direttive europee (91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi) e che può essere considerato l'attuale riferimento della politica ambientale italiana nel campo dei rifiuti. Ulteriori spinte verso una più attenta gestione dei RSU vengono dagli accordi innescati dall'incontro di Kyoto (1997), dove i vari paesi industrializzati si sono impegnati a concertare il necessario controllo della produzione dei gas serra, ritenuti responsabili dell'aumento della temperatura dell'atmosfera (3).

Tra gli 11 Paesi Europei analizzati, l'Italia si posiziona al penultimo posto, lasciandosi alle spalle solo Spagna (con un dato intorno al 4%). Rimane chiaro che il ritardo cumulato nei confronti dell'Europa "ambientalmente più avanzata" nel corso degli anni passati fatica a essere colmato.

Ciononostante, in termini assoluti il recupero energetico dei rifiuti urbani in Italia registra un costante incremento (+10,2% del 2000 rispetto al '99, +10,8% del 2001 rispetto all'anno precedente), in funzione della produzione complessiva dei rifiuti urbani (che presenta un aumento costante di anno in anno quantificabile in circa il 6%) l'incidenza complessiva del recupero energetico come modalità di recupero dei rifiuti in Italia è passata dal 6,5% del '99 al 7,5%

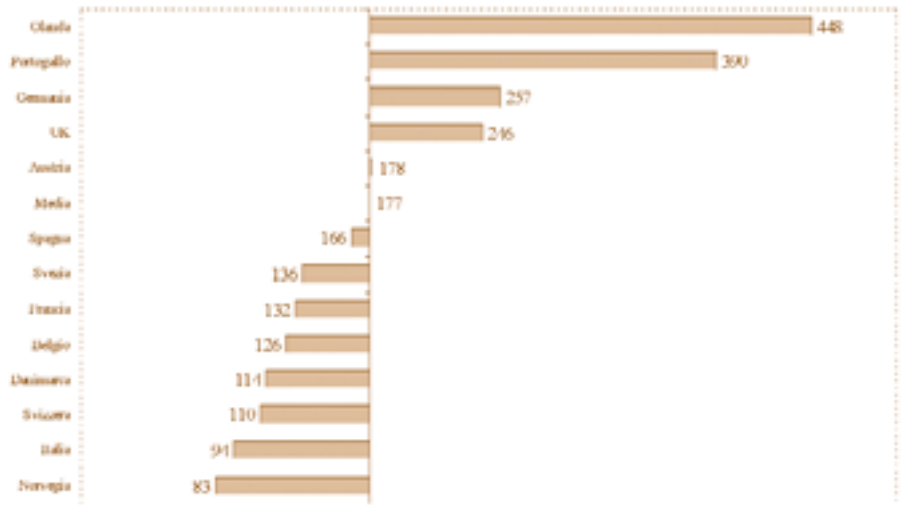


Figura 2 - Dimensione media degli impianti in Europa.

(Fonte: Rapporto Inceneration in Europe, Assure 2000)

del 2001. Attualmente, in Italia, sono operativi 32 impianti di termovalorizzazione di rifiuti. La dislocazione di tali impianti rimane concentrata nel centro nord Italia, in particolare nell'area lombarda ed emiliana. Tra Lombardia ed Emilia Romagna sono dislocati 16 impianti (il 47% del totale) che complessivamente termovalorizzano quasi il 65% di quanto viene incenerito in tutto il Paese. È importante sottolineare che Lombardia (con un dato certificato oltre il 33%) ed Emilia Romagna (con un valore oltre il 19%5) sono rispettivamente la prima e la quarta6 Regione d'Italia in termini di valori, assoluti e percentuali, di raccolta differenziata (figura 3).

LE CELLE A COMBUSTIBILE: SVILUPPO E PROSPETTIVA DELLA TECNOLOGIA

Le celle a combustibile sono sistemi elettrochimici capaci di convertire l'energia chimica di un combustibile (in genere idrogeno) direttamente in energia elettrica, senza l'intervento intermedio di un ciclo termico, ottenendo pertanto rendimenti di conversione più elevati rispetto a quelli delle macchine termiche convenzionali (4).

Una cella a combustibile funziona in modo analogo ad una batteria, in quanto produce energia elettrica attraverso un processo elettrochimico; tuttavia, a differenza di quest'ultima, consuma sostanze provenienti dall'esterno ed è, quindi, in grado di funzionare senza interruzioni, finché al sistema viene fornito combustibile (idrogeno) ed ossidante (ossigeno o aria). Gli impianti con celle a combustibile sono costituiti da tre sezioni principali:

- *una sezione di trattamento del combustibile* (gas naturale, metanolo, gas di sintesi prodotti dalla gassificazione del carbone, biogas), che converte lo stesso in un gas di sintesi contenente idrogeno, purificato secondo le necessità imposte dal tipo di cella;

- *una sezione elettrochimica*, costituita dalle celle che producono energia elettrica per via elettrochimica, attraverso una reazione tra l'idrogeno alimentato all'anodo e l'ossigeno alimentato al catodo; la trasformazione elettrochimica è accompagnata da produzione di calore;

- *un sistema di condizionamento della potenza elettrica*, che trasforma l'energia, prodotta sotto forma di corrente elettrica continua, in corrente alternata di opportune caratteristiche (4).

Completano l'impianto un sistema di regolazione e di recupero del calore, che può essere utilizzato sia all'interno dell'impianto (ad esempio il reattore di conversione del combustibile), che per utenze esterne di cogenerazione ed un sistema di controllo, che assicura il coordinamento delle diverse sezioni dell'impianto (figura 4).

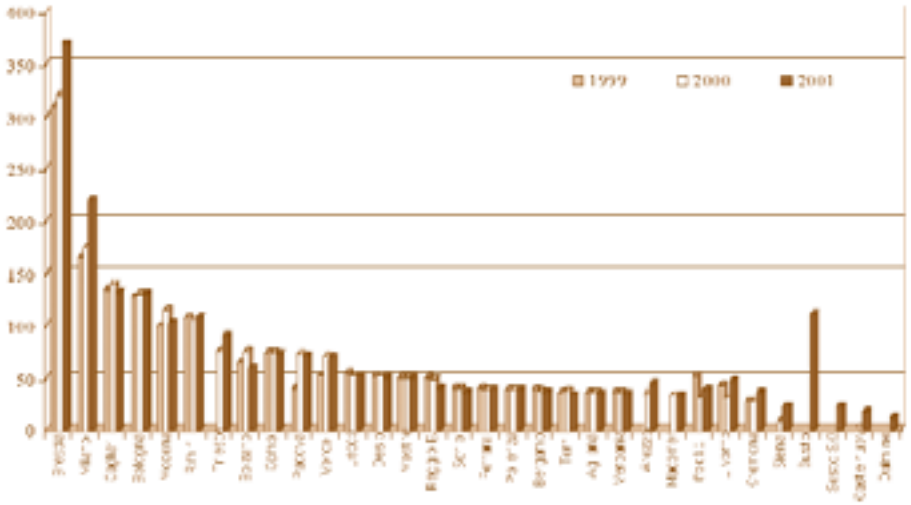


Figura 3 - Confronto termovalorizzato per impianto.

(Fonte: Rapporto Inceneration in Europe, Assure 2000)

Le celle a combustibile presentano caratteristiche, dal punto di vista energetico ed ambientale, assai vantaggiose e ciò spiega l'interesse da esse suscitato negli ultimi anni. Le principali sono:

- *rendimento elettrico elevato*. Gli impianti termici tradizionali operano convertendo l'energia termica, ricavata da una reazione chimica di combustione, in energia meccanica e, quindi, in energia elettrica. Queste trasformazioni energetiche pregiudicano l'efficienza complessiva del processo, e gli impianti attuali sono ormai giunti a valori di rendimento non suscettibili di ulteriori sensibili aumenti. Nel caso delle

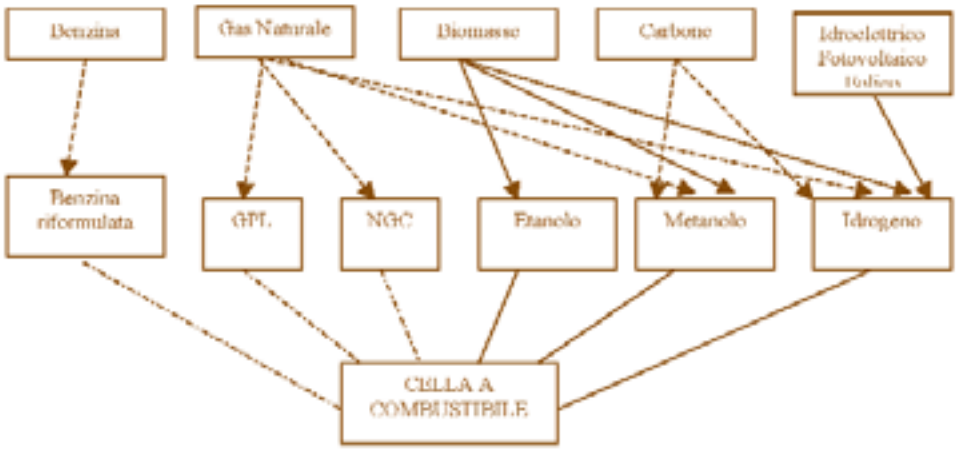


Figura 4 - Combustibili utilizzabili in impianti con celle a combustibile.

(Fonte: A. Iacobazzi, M. Ronchetti, Celle a combustibile, Enea 2002)

celle a combustibile, invece, la conversione dell'energia opera direttamente con valori che vanno dal 40-48 % (riferito al potere calorico inferiore del combustibile) per gli impianti con celle a bassa temperatura, fino a raggiungere oltre il 60% per quelli con celle ad alta temperatura utilizzate in cicli combinati (4). L'efficienza è notevole anche in impianti di piccola potenza;

- *possibilità di utilizzo di un'ampia gamma di combustibili*. E' fondamentale poter disporre di una tecnologia che prescinda il più possibile dal tipo di combustibile utilizzato. Il combustibile primario utilizzato nella reazione è l'idrogeno: esso può essere insufflato direttamente all'interno della cella da un apposito serbatoio oppure ricavato da altri combustibili, mediante un processo chimico detto reforming o fuel processing. Esso permette di ricavare l'idrogeno da svariati composti che lo contengono, come il metano, il metanolo, il gas naturale, i gas di sintesi (prodotto da combustibili liquidi, gassificazione del carbone, biomasse);

- *modularità,* che permette di accrescere la potenza installata via via che cresce la domanda di energia elettrica, con notevoli risparmi sul piano economico e con tempi di costruzione che possono risultare notevolmente ridotti;

- *duttilità nell'esercizio* in quanto gli impianti sono molto flessibili e si adeguano con velocità alle variazioni di carico, potendo così essere utilizzati per coprire i carichi di punta;

- *efficienza indipendente dal carico e dalle dimensioni dell'impianto*. Il rendimento delle celle è poco sensibile alle variazioni del carico elettrico, diversamente da quanto avviene con gli impianti convenzionali. In pratica, una cella può operare tra il 30 ed il 100 % di carico, senza perdite consistenti di efficienza. Il rendimento è, inoltre, indipendente dalla potenza installata entro un ampio intervallo di potenza, mentre negli impianti tradizionali il rendimento diminuisce al decrescere della taglia dell'impianto;

- *ridottissimo impatto ambientale.* L'impatto ambientale è ridottissimo in quanto i dispositivi con celle a combustibile non producono i nocivi ossidi di azoto (NOx), caratteristici dei motori a ciclo Otto o Diesel e degli impianti di combustione. Inoltre l'assenza di organi in movimento, che esclude la necessità di fluidi di difficile smaltimento (olii lubrificanti) e i materiali utilizzati nelle *fuel cells*, per la maggior parte riciclabili, riducono ulteriormente l'impatto ambientale. Il livello di rumore è inferiore ai 45 DBA. I prodotti della reazione sono energia elettrica ed acqua. Le uniche emissioni gassose (inferiori ai 10 ppm) derivano dalla combustione negli impianti ausiliari (reformer e bruciatore ausiliario);

- *possibilità di cogenerazione*. Il calore prodotto dall'impianto può essere utilizzato per il teleriscaldamento degli edifici o per uso industriale, contribuendo, con l'eliminazione delle caldaie locali, alla riduzione dell'inquinamento urbano. Il calore cogenerato può essere disponibile a diversa temperatura, in forma di vapore o di acqua calda, ed impiegato per usi sanitari, condizionamento di ambienti, ecc.

I sistemi a fuel cell possono utilizzare vari combustibili, dagli idrocarburi disponibili in commercio all'idrogeno, ricavabile anche elettroliticamente dall'acqua, utilizzando fonti rinnovabili (solare, eolica, ecc.). Pertanto, essi possono trovare applicazione in numerosi settori, dalla produzione di energia elettrica in grandi e piccole centrali di potenza, alla produzione combinata di elettricità e calore per specifiche utenze (quali quartieri residenziali, ospedali, uffici pubblici, industrie) sino alle più recenti applicazioni nei settori dell'autotrazione elettrica e dell'alimentazione di piccole unità elettroniche, in sostituzione delle batterie.

Le celle a combustibile rispondono perfettamente agli obiettivi che si perseguono nel settore elettrico, e cioè: miglioramento dell'efficienza di conversione delle fonti primarie; flessibilità nell'uso dei combustibili; riduzioni delle emissioni di inquinanti nell'atmosfera. Gli impianti con celle a combustibile, sempre grazie alle caratteristiche di modularità, flessibilità, rendimento e compatibilità ambientale, possono trovare applicazione sia presso utenti, con piccoli impianti di generazione da alcuni kW a qualche MW, che presso aziende elettriche (con taglie da qualche MW a qualche decina di MW) (5).

Per quanto riguarda la situazione italiana, si prevede una penetrazione in linea con quella prevista per i paesi industrializzati, nei settori della generazione elettrica e della cogenerazione, con valori complessivi intorno a 250 MW/anno al 2020 (figura 5) Il contributo delle celle a bassa temperatura sarà pari al 100% nei primi anni 2000, passerà quindi al 50% del 2010 ed al 30% del 2020 (5). Nell'arco temporale considerato si prevede che gran parte degli impianti verranno installati nei paesi più sviluppati, dove esistono le condizioni tecniche ed economiche per lo sviluppo della generazione/cogenerazione distribuita con tecnologie innovative (v. tabella).

Il principale ostacolo alla penetrazione nel mercato degli impianti con celle a combustibile è rappresentato dal costo di produzione elevato. Gli attuali volumi di produzione non sono infatti tali da permettere economie di scala. Per arrivare

Tabella Previsioni relative al mercato delle celle a combustibile, MW/anno (generazione stazionaria)

	2005	2010	2015	2020
Italia	5	40	80	250
Europa	80	300	1.500	3.500
Potenza installata nel mondo	300	1.000	5.000	11.300

(Fonte: A. Iacobazzi, M. Ronchetti, Celle a combustibile, Enea 2002)

ad una condizione di concorrenza con le tecnologie tradizionali, sono necessarie riduzioni di costo con fattori che vanno da 3 a 10 volte. L'ipotesi di penetrazione fatta richiede che i costi degli impianti raggiungano valori compresi tra 1.000 e 1.500 Euro/kW (con valori maggiori per le piccole taglie) nella fase iniziale della introduzione nel mercato, passando poi, a regime, a valori di 600-750 Euro/kW (6).

L'inserimento nel mercato di una tecnologia innovativa, come quella delle celle a combustibile, richiede, poi, che si creino le condizioni perché la stessa possa competere, alla pari, con le tecnologie convenzionali, superando le barriere di carattere "ambientale" (conoscenza della tecnologia, normativi specifiche, clausole di manutenzione, ecc.) che possono penalizzarla nella fase iniziale della commercializzazione (7).

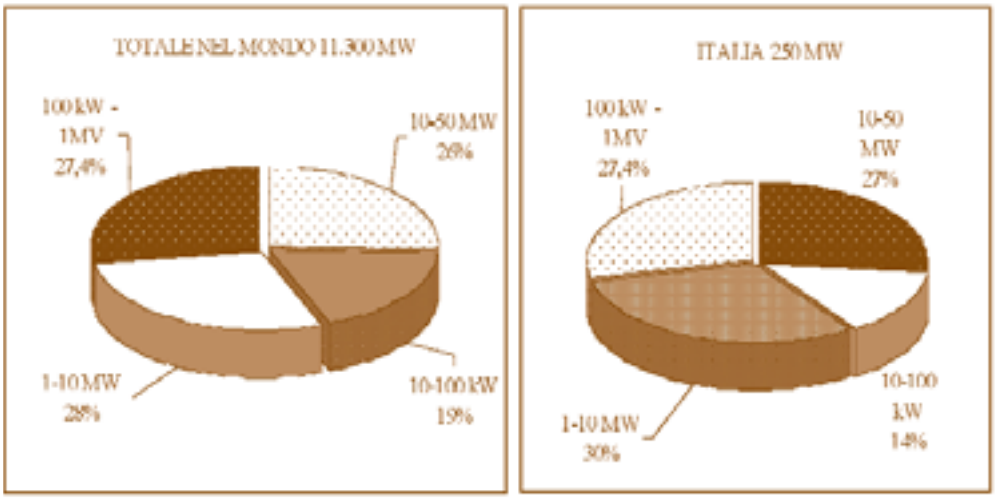


Figura 5 - Stime al 2020 della distribuzione del mercato mondiale ed italiano delle celle a combustibile per taglia di impianto.

CONCLUSIONI

La gestione dei RSU si basa oggi sulla riconsiderazione dell'equazione rifiuti = risorsa in termini di materia prima ed energia.

Il bilanciamento delle due forme di recupero dipende da considerazioni di mercato. L'attuale tendenza sembrerebbe privilegiare la trasformazione in energia ma sono ancora da introdurre i necessari correttivi per considerare con una maggiore attenzione i fattori ambientali.

In questo quadro, gli impianti di combustione che possono adattarsi per utilizzare rifiuti restanti o più o meno trattati si pongono come la soluzione più idonea per affrontare con la massima flessibilità l'inevitabile evoluzione del mercato delle materie riciclate e l'eventuale disponibilità di combustibili alternativi, quali i residui agricoli.

Un fattore di importanza fondamentale rimane comunque la necessità di sviluppare - a fianco degli aspetti tecnologici - metodologie di analisi e norme tecniche che consentano di mettere a fuoco con sempre maggiore precisione i principali aspetti insiti nella gestione dei RSU.

Gli impianti per la termovalorizzazione avranno uno sviluppo sempre crescente spinti da una parte dalla continua necessità di ricercare la massima valorizzazione del rifiuto e dall'altra dal continuo incremento dell'utilizzo delle fonti energetiche rinnovabili premiate oggi anche da meccanismi di mercato.

Si può affermare, con certezza, che la nuova prospettiva che si apre con l'uso dell'idrogeno potrebbe veramente comportare una rivoluzione per tutto il sistema del trasporto in città: si ottiene idrogeno dal metano con un reformer, lo si utilizza per trazione e, contemporaneamente, lo si invia alle celle per la produzione di elettricità (7).

Inoltre, l'utilizzo dell'idrogeno come vettore energetico può contribuire a ridurre i problemi di impatto ambientale, sia a livello locale che a livello globale, connessi con la generazione di energia e con il trasporto; può consentire una diversificazione delle fonti di energia; infine, può dare all'industria l'opportunità di inserirsi in settori avanzati e con ampie prospettive di sviluppo.

Ciò spiega lo sforzo di ricerca in atto presso l'industria automobilistica, che si pone come obiettivo lo sviluppo di un innovativo propulsore, basato sull'impiego della Fuel Cell.

Ildebrando Iannilli
Dipartimento di Controllo e Gestione delle Merci e del loro Impatto sull'Ambiente, Università di Roma "La Sapienza"

BIBLIOGRAFIA

(1) C. CHRISTENSEN, "Il dilemma dell'innovatore", Franco Angeli, 2002.
(1) www.miniambiente.it
(2) GERLI, G. RIVA, E SMEDILE, "L'energia dai rifiuti- dalla gestione al recupero energetico", Ed. Riuniti, 2000.
(3) E. MACCHI., "Bilancio economico del recupero di energia dalla termodistruzione", RS Rifiuti Solidi, 2000, vol. 14, 4 luglio/agosto.
(3) www.enea.it
(4) J. RIFKIN, "Economia all'idrogeno", Saggi Mondatori, 2002.
(4) www.fuelcells.org
(4) www.fuelcellworld.org
(5) IACOBAZZI, M. RONCHETTI "Celle a combustibile", ENEA, 2002.
(5) U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, NATIONAL ENERGY TECHNOLOGY LABORATORY (NETL), "Fuel Cell Handbook", 2000.
(6) M. SCALIA "La svolta idrogeno" Relazione Seminario, 2003.
(6) www.emissionezero.it/16/cellecombustibili.htm
(7) www.idrogenoexpo.com

LEONARDO IN MOSTRA A ROMA

"Le tracce di Leonardo nel territorio: i luoghi, gli studi, le macchine" al Museo della Civiltà Romana all'EUR, organizzata dal Comune di Roma; "Leonardo da Vinci a Roma: il Codice Atlantico nell'edizione Hoepli 1894-1904 curata dall'Accademia dei Lincei", allestita dall'Accademia a Palazzo Corsini.

L'anno si è aperto con un invito alla cultura scientifica con due interessanti mostre di approccio ai piaceri della curiosità, dello sperimentare, del creativamente collegare.

Motivo di meraviglia e guida di certo successo Leonardo, attraverso la sua capacità di vedere, appuntare, sperimentare, ammodernare, comunicare.

Leonardo in mostra a Roma: due iniziative con funzioni apparentemente diverse, ma entrambe un invito alla riscoperta del gusto di porsi domande, di essere curiosi in tempi di automatismi, facilità di riproducibilità tecnica di gran parte dei messaggi, di delega a telecomandi di varia natura per l'effettuazione delle operazioni più diverse, dall'accensione di missili al fornello per preparare il caffè. In tutte le persone, indipendentemente dall'età, la delega a far compiere a macchine e circuiti attività tipiche dell'uomo, fa loro dimenticare le abilità stesse. Nelle più giovani generazioni, addirittura ignorare quasi completamente la genesi di tali abilità. A questo stato di cose si arriva per l'esponenziale miglioramento tecnologico, che abbia superato la soglia della convenienza di risparmio energetico e tenda ad uno sperpero commerciale generato da obsolescenze indotte.

Negli ultimi anni è stato rilevato, nel nostro Paese, scarso interesse per la cultura scientifica. Di tale problema si è più volte occupata anche la Società Italiana per il Progresso delle Scienze.

Le due mostre offrono utili spunti per ripensare l'approccio al pensiero scientifico sdrammatizzandolo e mostrandone tangibilmente la convenienza sia culturale che operativa e, per certi aspetti, ludica. Potrebbe costituire una interessante forma di prevenzione tanto del disagio giovanile che della passività consumistica di ogni fascia di opinione pubblica.

Leonardo impiegò il suo notevole ingegno, rapportato alle sue disponibilità ambientali, per collegare ogni allora nota conoscenza, verificarla con l'esperienza, elaborarne creativamente le caratteristiche originarie per poi narrare e rappresentare graficamente osservazioni, progetti di base, dettagli costruttivi. Paradossalmente, gli aspetti discutibili degli odierni automatismi, traggono robusta linfa proprio dai ragionamenti comunicativi di Leonardo, quattro secoli fa. Allo stesso tempo, la sua ricchissima produzione di appunti e trattati, possono innescare la sensibilizzazione di ciascuno al piacere della scoperta, per un vissuto arricchito di consapevole conosciuto. Oggi la disponibilità di conoscenza travalica le abilità di base del saper leggere e scrivere, nel bene e nel male, dai *media* comunicativi all' *I-pod*, ma, come è stato spiegato durante la visita inaugurale della mostra all'EUR, l'importanza globale di Leonardo sta nell'aver osservato la natura





estrapolando dalle sue manifestazioni leggi e forme utilizzabili creativamente in campi tecnologici e tecnici, oltre ad aver proceduto ad una indagine conoscitiva e omnicomprensiva di quanto la mente umana fino ad allora aveva prodotto, registrando, progettando, rielaborando il già noto, offrendo suggerimenti applicativi creativamente nuovi, abbassando la soglia dei confini interdisciplinari e pregiudiziali.

La mostra dell'EUR, compatta, felicemente didattica, offre e sottolinea l'utilità dell'approccio offerto dagli allestitori. Come ha sottolineato il Consigliere Bartolucci, questa mostra sceglie –nell'immensa produzione di Leonardo - quelle tracce legate al territorio di Roma che in se stesse rendono accessibile la magnitudine leonardesca, perché vicine a chi visita la tangibile mostra di modelli, schede e gigantografie. L'Assessorato alle Politiche Culturali ha voluto collocare la mostra nella struttura del Museo della Civiltà Romana per altre apprezzabili ragioni legate a un ampliamento della qualità turistica della Capitale. Il Museo infatti, ospita anche il nuovo planetario di Roma, oltre conservare l'ultimo esemplare "Zeiss" (quello che si trovava vicino a piazza della Repubblica), della famiglia di planetari allestiti in varie città del mondo nei primi decenni del secolo scorso. Il Museo è parte integrante del tessuto urbano di quella che avrebbe dovuto essere l'Esposizione Universale Romana del 1942, che non ebbe mai luogo per motivi bellici. Oggi, integrato da altri eventi, può ampliare l'esperienza turistica romana anche a zone meno centrali delle consuete, con vantaggi di ampio respiro. Gianluca Lenzi, durante la visita alla mostra, ha offerto una viva e interattiva lezione di approccio all'osservato, pensato e costruito da Leonardo, guidando i visitatori di ogni età verso il desiderio di saperne di più, consentendo loro di toccare le manifestazioni dell'ingegno di Leonardo, permettendo loro di far funzionare i modelli esposti.

La mostra allestita dall'Accademia dei Lincei si caratterizza per un registro altro, ma sempre accessibile e fruibile da persone anche molto diverse, per età e per cultura. Vi trovano posto tanto le illustrazioni leonardesche che la loro moderna trasposizione in prodotti da tecnologie moderne. Non a caso, tra gli *sponsores* troviamo ditte produttrici di automezzi e parti meccaniche di uso corrente.

Per l'automobile, è allestito un percorso didattico interattivo che coniuga il modello a grandezza naturale esposto con i disegni elaborati da Leonardo per mezzo di uno strumento informatico e giocoso. Ci è parso quindi, che tanto le Associazioni impegnate nella diffusione di un piacevole approccio alla cultura scientifica a mezzo delle interpretazioni leonardesche della realtà naturale e progettuale, quanto il Comune di Roma e l'Accademia dei Lincei suggeriscano la possibile via all'approccio scientifico prossimo venturo, per la diffusione di una mentalità scientifica e non soltanto di fruizione passiva.

Si ringraziano le Associazioni "La Città Ideale " di Vigevano, nella persona di Gianluca Lenzi, l'Associazione "Piazza Duomo", nella persona di Rita Correnti, l'Assessorato alle Politiche Culturali nelle persone di Gianni Borgna, Mariella Gramaglia e Maurizio Bartolucci, oltre a tutti quanti hanno contribuito ad offrire all'opinione pubblica un invito a conoscere il metodo di Leonardo.

Antonella Liberati

NOTIZIARIO

SOCIETA' ITALIANA PER IL PROGRESSO DELLE SCIENZE
SIPS 1839
ONLUS

ESTRATTO DELLO STATUTO
Dei soci

Art. 7 – Possono far parte della Società persone fisiche e giuridiche (università, istituti, scuole, società, associazioni e in generale enti) che risiedono in Italia e all'estero interessati al progresso delle scienze e che si propongano di curarne la diffusione.

Art. 8 – Per l'iscrizione a Socio occorre inviare al presidente della Società domanda scritta controfirmata da due soci. Per l'iscrizione di persone giuridiche occorre la domanda del legale rappresentante o di un suo delegato.
Il Consiglio di presidenza delibera sulle iscrizioni.

Art. 9 – I soci si distinguono in:
Soci d'onore; benemeriti; ordinari; juniores.
La nomina dei soci d'onore è a vita e deve cadere su persone di alto valore scientifico o altamente benemerite della Società. La nomina viene fatta dal Consiglio di presidenza e ratificata dall'assemblea generale dei soci.
Il numero dei soci d'onore non può essere maggiore di 60, dei quali 30 italiani.

Art. 10 – La decadenza da Socio avviene per volontarie dimissioni o per deliberazione motivata del Consiglio di presidenza, ratificata dall'assemblea generale dei soci.

TABELLA DELLE QUOTE ASSOCIATIVE ANNUALI
(*approvate dall'assemblea generale dei soci del 13 ottobre 2001*)

PERSONE

Soci ordinari	€ 25
Soci juniores	€ 12

ENTI

Soci I categoria (1)	€ 38
Soci II categoria (2)	€ 64
Soci III categoria (3)	€ 129

(1) Biblioteche pubbliche; università; scuole e istituti di istruzione; associazioni culturali.
(2) Enti pubblici a carattere provinciale e regionale; associazioni non culturali; enti privati senza capitale dichiarato; società con capitale inferiore a € 10.330; succursali, agenzie, uffici di società che abbiano la sede centrale associata alla SIPS.
(3) Enti pubblici a carattere nazionale; società con capitale di oltre € 10.330.

Sono soci juniores le persone che non abbiano compiuto il 25° anno di età all'inizio dell'anno solare.
I predetti importi possono essere rimessi alla SOCIETÀ ITALIANA PER IL PROGRESSO DELLE SCIENZE - viale dell'Università, 11 00185 Roma, possibilmente in uno dei seguenti modi:
a) utilizzando il c/c postale 33577008;
b) con postagiro o vaglia postale;
c) utilizzando il c/c 05501636, CAB 03371.2, ABI 3002-3 Banca di Roma - Filiale 153, piazzale Aldo Moro, 5 00185 Roma.

I soci in regola con il pagamento delle quote associative riceveranno gratuitamente, in abbonamento postale, SCIENZA E TECNICA e, a richiesta, il volume degli Atti congressuali. I soci possono collaborare, a titolo gratuito, con scritti e notizie a SCIENZA E TECNICA, nonché partecipare alle Riunioni della SIPS con comunicazioni correlate alla problematica congressuale.

La Segreteria Generale è a disposizione per fornire eventuali notizie in ordine all'iscrizione ed alle attività della SIPS.

Il Viagra blocca e fa regredire l'ipertrofia cardiaca

Curare il cuore ingrossato con il Viagra, e in questo modo impedire che si instaurino gravi insufficienze cardiache.
I primi test condotti sui topi hanno dato esiti positivi, e ora si pensa di avviare gli esperimenti anche sull'uomo. Il risultato è stato ottenuto dagli scienziati della Johns Hopkins University School of Medicine and its Heart Institute. David Kass, a capo dello studio, ha verificato che il farmaco *sildenafil citrato*, usato di solito per sopperire ai problemi di erezione, possiede anche la capacità di guarire il cuore malato delle cavie di laboratorio: infatti, blocca e fa regredire l'allargamento del muscolo cardiaco.
La scoperta di Kass consentirà soprattutto di combattere l'ipertrofia cardiaca, fenomeno dovuto all'aumento della massa miocardica associato a modificazioni della forma del ventricolo.
Questo processo è noto come "rimodellamento" e può anche essere fisiologico (atleti), generato da stimoli positivi (l'allenamento cardiovascolare), ma diviene patologico quando si innesca a seguito di stimoli negativi, con cambiamenti, modificazioni molecolari e cellulari che comprendono l'aumento della massa miocardica associato all'ipertrofia dei singoli miociti (unità funzionale, cellule che costituiscono il cuore) fino all'apoptosi (morte cellulare).
«Il nostro lavoro dimostra che il Viagra può guarire l'ipertrofia cardiaca - ha concluso Kass - e suggerisce la strada per ideare possibili nuove terapie oltre lo stesso *sildenafil*. Il Viagra, comunque, ha in più il pregio di essere una molecola già approvata per altre indicazioni terapeutiche, quindi potrebbe essere testata direttamente per verificarne

l'efficacia contro l'ipertrofia, saltando i test di sicurezza del prodotto».

[g.g.]
Libero, n. 20

Mercurio è un pianeta vivo

L'attività di Mercurio è notevole ed è determinata da un nucleo interno fluido riconducibile a quello terrestre. Sono questi i risultati ottenuti da Jean-Luc Margot della Cornell University, in USA.
Lo scienziato ha misurato il tasso di rotazione del pianeta con una precisione di 1 su 100 mila: per compiere tale operazione si è avvalso di un impulso radar inviato da un'antenna di 70 metri situata a Goldstone, in California.

[g.g.]

Il cervello dà ragione a chi grida più forte

Diventa verità scientifica il detto secondo cui si dà sempre ragione a chi grida più forte. Lo conferma uno studio svizzero pubblicato su "Nature Neuroscience".
I dati raccolti da Didier Grandjean, dell'Università di Ginevra, rivelano infatti che le voci "arrabbiate" attivano un maggior numero di centri celebrali rispetto a quelle "neutre". E il tutto avviene senza volerlo: anche se chi ascolta tenta di concentrarsi sulle parole dell'interlocutore meno agitato, finisce per rivolgere l'attenzione a quello adirato.

La manutenzione nel trasporto collettivo

Oggi più che mai nelle aziende di trasporto pubblico su gomma e su rotaia la manutenzione rappresenta lo strumento essenziale per garantire la continuità e la qualità del servizio. Tale attività impegna rilevanti risorse economiche interne ed esterne all'azienda, per la quale risulta vincolante conservare e valorizzare veicoli, infrastrutture e impianti, tramite una efficace manutenzione.
In questo contesto l'impegno delle aziende di trasporto collettivo è quello di rendere più efficace ed efficiente la manutenzione e diffondere la cultura della qualità, come strumento per lo sviluppo di vantaggi competitivi reali.
Il seminario "La manutenzione nel trasporto collettivo" - promosso da TP Trasporti Pubblici, Roma, si è svolto a Brindisi, Hotel Orientale, il 2 febbraio u.s. - rappresenta un'occasione di confronto e di approfondimento su specifiche tematiche, quali: Ricognizione delle norme UNI sulla manutenzione di recente pubblicazione ed Illustrazione dei Lavori della 4ª SC UNI che si occupa di manutenzione; Manutenzione dei veicoli su gomma; Esperienze a confornto delle Aziende di Trasporto Collettivo di sistemi di manutenzione on condition.
L'evento, rivolto ai Professionisti del settore, nonché ai Responsabili delle Aziende esercenti servizi di trasporto collettivo, ha voluto fornire contenuti e strumenti tecnici utili agli operatori del settore.
Organizzato da ASSTRA (Associazione Trasporti), con la collaborazione della Società Trasporti Pubblici di Brindisi, il convegno ha registrato i seguenti interventi:
Ricognizione normativa delle norme UNI sulla manutenzione, UNI; *I lavori della SC 4 UNI Manutenzione*, Presidente SC4 UNI; *Manutenzione nei veicoli su gomma*, ATC S.p.A. Bologna; *Esperienze a confronto delle aziende di TPL dei sistemi di manutenzione on condition*, Coordinamento ASSTRA; *L'esperienza di Roma*, TRAMBUS S.p.A. Roma; *L'esperienza della Provincia di Napoli*, CTP S.p.A. Napoli; *L'esperienza di Brindisi*, STP S.p.A. Brindisi; *L'esperienza delle Ferrovie del Sud Est*, FSE Bari.
La giornata di studio si è conclusa con la presentazione, nel pomeriggio, del Sistema di Manutenzione On Condition Union Key e Visita al Laboratorio di Analisi della Camera di Commercio di Lecce.

XV Settimana della Cultura Scientifica e Tecnologica

Il MIUR (www.miur.it) ha scelto per la XV Settimana della Cultura Scientifica e Tencologica (14-20 marzo 2005) i seguenti temi:
Le grandi scoperte della Fisica del XX secolo e le loro applicazioni; Centralità dell'acqua; L'energia alla base delle moderne società industriali; Nuove prevenzioni e nuove terapie per una miglior salvaguardia della salute; Dallo spazio straordinarie informazioni sulla Terra e sulla sua collocazione nell'Universo.
La Società Italiana per il Progresso delle Scienze (SIPS) in collaborazione con il GSES (Gruppo per la storia dell'energia solare) ha in programma la realizzazione di una mostra costituita da testo e foto su pannelli di un metro per ottanta centimetri su forex sul tema: "Dalle scoperte scientifiche e tecnologiche del XX secolo agli attuali sistemi per l'utilizzo dell'energia solare".
Questo tema sarà trattato focalizzando l'attenzione su tre concetti: l'anno del fotone; l'ottica senza immagine: i principi di funzionamento della fotosintesi clorofilliana.

Franco Modigliani tra teoria economica e impegno sociale

È il titolo del Convegno internazionale che si svolgerà il 17 ed il 18 febbraio 2005, presso l'Accademia Nazionale dei Lincei.
Il Convegno intende analizzare i contributi teorici (sintesi

neoclassica, teoria del risparmio, teoremi su moneta e finanza) per i quali Franco Modigliani (1918-2003) ha ottenuto il Premio Nobel per l'Economia nel 1985 e con i quali ha influenzato la politica economica anche del nostro Paese. Organizzato con il contributo della Banca d'Italia il Convegno avrà inizio giovedì 17 c.m. alle ore 15,30 con il saluto della Presidenza dell'Accademia.
Presieduta da Giorgio Lunghini, la sessione "Modigliani tra Keynes e la teoria neoclassica" prevede lo svolgimento di relazioni ed interventi di: Robert Solow: *Modigliani and the shape of Keynesian economics* - Luigi Pasinetti: *Quanto Keynes c'è in Franco Modigliani?* - Paul Samuelson: *The variety and originality of Franco Modigliani's many contributions to economics* - Paolo Sylos Labini: *Franco Modigliani e l'oligopolio*.
Interventi: Beniamino Moro: *Il manifesto contro la disoccupazione nell'UE sei anni dopo: quali suggerimenti sono sempre attuali?* - Ignazio Visco: *Dalla teoria alla pratica nei modelli macroeconomici. L'eclettismo post-keynesiano*.
La sessione di venerdì 18 febbraio avrà il programma seguente: "Teoria del ciclo vitale del risparmio e del consumo", presiede Carlo D'Adda. Angus Deaton: *Franco Modigliani and the life-cycle theory of consumption* - Mauro Baranzini: *La teoria del ciclo vitale di Modigliani cinquant'anni dopo*.
Intervento: Tullio Jappelli: *L'ipotesi del ciclo vitale, la politica fiscale e la previdenza sociale*.
"Moneta e finanza", presiede Pierluigi Ciocca. Lucas Papademos: *Macroeconomic theory and monetary policy* - Terenzio Cozzi: *Una rivisitazione delle teorie di Modigliani sulla finanza*.
Intervento: Marco Pagano: *I teoremi di Modigliani-Miller: una pietra angolare della finanza*.
"Sessione conclusiva", presiede Augusto Graziani. Antonio Fazio: *Franco Modigliani*.

Dalle staminali una protezione contro infarto e ischemie

I ricercatori italiani dell'Istituto Superiore di Sanità hanno fatto un passo avanti nella cura dell'infarto e delle ischemie agli arti inferiori. In collaborazione con le Università di Philadelphia, San Diego e Osilo gli scienziati sono riusciti a purificare e a moltiplicare una popolazione di cellule staminali in grado di stimolare in modelli animali la rinascita di nuovi vasi sanguigni per ridare ossigeno a tessuti danneggiati dall'ischemia. Queste staminali, trapiantate nei topi, si sono dimostrate efficaci sia sull'arteria coronaria (contro l'infarto) sia sull'arteria femorale (contro l'ischemia degli arti inferiori).

Scoperta la proteina che causa la cecità congenita

Da una ricerca italiana Telethon la speranza di nuove cure contro la cecità congenita. Luca Scorrano e Sara Cipolat hanno scoperto i meccanismi all'origine dall'atrofia ottica dominante, una grave malattia genetica che rappresenta la causa più frequente di neuropatie ottiche ereditarie. Il segreto sta in una proteina chiamata OPAI. Quando è normale funziona da "meccanico" dei mitocondri, le centrali elettriche grazie alle quali ogni cellula può sopravvivere. Quando invece è difettosa, come nell'atrofia ottica, la cellula subisce una specie di blackout letale.

Si studiano materiali capaci di imitare il piumaggio del gufo

Il gufo è uno degli uccelli rapaci più silenziosi. Alcuni ricercatori americani e britannici studiano questa caratteristica per rendere gli aerei meno rumorosi.
La ricerca è condotta da Geoffrey Lilley dell'Università di Saouthampton, e dai suoi colleghi del Nasa's Langley Research Center (ad Hampton). I gufi notturni hanno sviluppato un piumaggio in grado di minimizzare il rumore prodotto. Lilley ha scoperto tre tipi di piume diverse: il primo stabilizza il volo, il secondo è dotato di frange che "rompono" le onde sonore riducendo il rumore, il terzo (che copre ogni parte del corpo del gufo, zampe incluse) assorbe le frequenze sonore superiori ai duemila hertz.
Le tecnologie sviluppate fino ad ora per togliere di mezzo il rumore prodotto dagli aerei presentano un difetto: riducono l'efficienza e provocano un aumento del consumo di carburante. Lilley e colleghi cercheranno quindi di incorporare i *trucchi* dei gufi negli attuali sistemi di volo senza ridurne la funzionalità; una delle ipotesi al vaglio è quella di sviluppare un particolare rivestimento per aerei che imiti la struttura vellutata delle piume del gufo.

[l.s.]

Il Regno Unito sempre in primo piano nelle tecnologie per la sicurezza

Il 2004 ha tenuto costantemente in trepidazione l'opinione pubblica per una serie di attentati ed azioni delittuose perpetrate dal terrorismo a livello internazionale. La globalizzazione vale anche per il crimine. I Giochi Olimpici di Atene hanno tenuto l'intero mondo in ansia ma le misure di sicurezza di altissimo livello, unitamente ad una cooperazione internazionale nelle attività di *intelligence*, hanno consentito di godere dell'appuntamento sportivo più seguito al mondo senza alcun problema. Le aziende britanniche iscritte all'Associazione dei Produttori di Tecnologie per le Forze di Polizia (APPSS) sono state molto attive ad Atene. Durante i 15 mesi precedenti le

Olimpiadi la APPSS unitamente all'Ambasciata britannica, ha organizzato ben tre missioni di lavoro durante le quali molti prodotti e servizi sono stati illustrati e poi adottati dalla Polizia greca.
Azione analoga viene attualmente svolta dal Consolato Generale con una stretta collaborazione con il TOROC, il Comitato Olimpico dei Giochi Invernali di Torino del 2006.
UK Trade & Investment ha inoltre in programma una serie di missioni di lavoro che avranno ospiti in rappresentanza delle Forze dell'Ordine italiane e di alcune aziende specializzate. Il primo appuntamento sarà quello del PSDB 2005 (Police Scientific Division Branch) che si terrà ad Aylesbury, vicino Londra il 9 e 10 c.m. Seguirà poi una missione d'affari all'IFSEC che avrà luogo a Birmingham dal 16 al 19 maggio 2005.
Rammentiamo SICUREZZA 2004, Milano (17-20 novembre), che si propose come capitale europea del settore con la sua mostra biennale. Vale la pena ricordare anche che durante SICUREZZA 2002 si ebbe l'opportunità di intervistare tre operatori britannici che alcune settimane prima erano stati alla fiera SECURITY di Essen.
La loro opinione fu unanime nel considerare la fiera milanese di gran lunga superiore per quanto riguarda le tecnologie elettroniche in generale, mentre ad Essen era preponderante l'enfasi sulle difese passive, serrature e meccanica in generale.

www.sipsinfo.it

SCIENZA E TECNICA *on line*

LA SIPS, SOCIETÀ ITALIANA PER IL PROGRESSO DELLE SCIENZE - ONLUS, trae origine dalla I riunione degli scienziati italiani del 1839. Eretta in ente morale con R.D. 15 ottobre 1908, n. DXX (G.U. del 9 gennaio 1909, n. 6), ha come scopo istituzionale quello di promuovere il progresso, la coordinazione e la diffusione delle scienze e delle loro applicazioni e di favorire i rapporti e la collaborazione fra i cultori di esse.
In passato l'attività della SIPS è stata regolata dagli statuti approvati con: R.D. 29 ottobre 1908, n. DXXII (G.U. 12 gennaio 1909, n. 8); R.D. 11 maggio 1931, n. 640 (G.U. 17 giugno 1931, n. 138); R.D. 16 ottobre 1934-XII, n. 2206 (G.U. 28 gennaio 1935, n. 23); D.Lgt. 26 aprile 1946, n. 457 (G.U. - edizione speciale - 10 giugno 1946, n. 1339). Lo statuto vigente, approvato con D.P.R. n. 434 del 18 giugno 1974 (G.U. 20 settembre 1974, n. 245), cui sono state apportate delle modifiche per adeguarlo al D.Lgs. 460/97 sulle ONLUS; modifiche iscritte nel Registro delle persone giuridiche di Roma al n. 253/1975, con provvedimento prefettizio del 31/3/2004.
Fedele allo spirito delle sue finalità, la Società adegua la sua opera culturale nel Paese secondo alcune direttrici che rispondono a precise esigenze dei tempi nuovi, e cioè: *a)* organizzare incontri multidisciplinari per la discussione di problemi tecnico-scientifici che incidono più fortemente sugli interessi socio-economici ed educativi; *b)* collegare il mondo della cultura e della ricerca scientifica al mondo degli operatori tecnici ed economici; *c)* informare e sensibilizzare ai problemi scientifici, strati sempre più vasti della pubblica opinione del Paese; *d)* pubblicare e diffondere i volumi degli ATTI delle riunioni generali e SCIENZA E TECNICA, palestra di divulgazione di articoli e scritti concernenti l'uomo tra natura e cultura. Gli articoli, salvo diversi accordi, devono essere contenuti in un testo di non oltre 6 cartelle dattiloscritte su una sola facciata di circa 30 righe di 80 battute ciascuna, comprensive di eventuali foto, grafici e tabelle.

CONSIGLIO DI PRESIDENZA:
***Carlo Bernardini*, presidente onorario; *Maurizio Cumo*, presidente; *Luciano Bullini*, vicepresidente onorario; *Salvatore Lorusso, Carmine Marinucci, Michele Marotta*, vicepresidenti; *Alfredo Martini*, amministratore; *Rocco Capasso*, segretario generale; *Luciano Caglioti*, consigliere onorario; *Enzo Casolino, Gilberto Corbellini, Ferruccio De Stefano, Filippo Mangani, Pier Paolo Poggio, Bianca M. Zani*, consiglieri.**
Revisori dei conti:
***Salvatore Guetta, Rodolfo Panarella, Antonello Sanò*, effettivi; *Giulio D'Orazio, Roberta Stornaiuolo*, supplenti.**
COMITATO SCIENTIFICO:
***Carlo Bernardini*, presidente; *Michele Anaclerio, Carlo Blasi, Giovanni Borgna, Pietro Bradascio, Renato Cialdea, Elvio Cianetti, Raffaele D'Amelio, Francesco Denotaristefani, Giuseppe Leti, Mario Morcellini, Gianni Orlandi, Renato Angelo Ricci, Raffaella Simili*, consiglieri scientifici.**
SOCI:
Possono far parte della SIPS persone fisiche e giuridiche (Università, istituti, scuole, società, associazioni ed in generale, enti) che risiedono in Italia e all'estero, interessati al progresso delle scienze e che si propongano di favorirne la diffusione (art. 7 dello statuto).

SCIENZA E TECNICA

mensile a carattere politico-culturale e scientifico-tecnico

Dir. resp.: Rocco Capasso

Reg. Trib. Roma, n. 613/90 del 22-10-1990 (già nn. 4026 dell'8-7-1954 e 13119 del 12-12-1969). Direzione, redazione ed amministrazione: Società Italiana per il Progresso delle Scienze (SIPS) Viale dell'Università, 11 - 00185 Roma • tel/fax 06.4451628 • 06.4440515 • 340.3096234 • sito web: www.sipsinfo.it - e-mail: sips@sipsinfo.it • Cod. Fisc. 02968990586 • C/C Post. 33577008 • Banca di Roma • Filiale 153 C/C 05501636, CAB 03371.2, ABI 3002-3 - Università di Roma «La Sapienza», Ple A. Moro, 5 - 00185 Roma.
Stampa: Tipografia Mura - Via Palestro, 28/a - tel./fax 06.44.41.142 - 06.44.52.394 - e-mail: tipmura@tin.it